

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-36981

(43) 公開日 平成8年(1996)2月6日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/073				
1/30	B			
9/02	B			

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-171322

(22) 出願日 平成6年(1994)7月22日

(71) 出願人 000003296

電気化学工業株式会社

東京都千代田区有楽町1丁目4番1号

(72) 発明者 角田 勝義

群馬県渋川市中村1135番地 電気化学工業株式会社渋川工場内

(72) 発明者 照井 良典

群馬県渋川市中村1135番地 電気化学工業株式会社渋川工場内

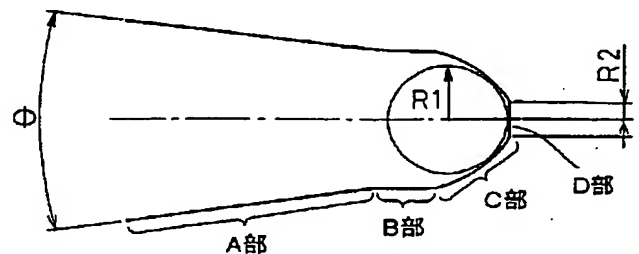
(54) 【発明の名称】 熱電界放射陰極及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 エネルギー幅0.5eV以下で、角電流密度0.02mA/sr以上変動率5%以下の電子ビームが得られる熱電界放射陰極とその方法を提供する。

【構成】 軸方位が<100>方位からなるタングステン単結晶ニードルにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた熱電界放射陰極において、先端半径が1.2μm以上10μm以下で、先端半径に対する平坦部半径の比が0.2以上であり、しかもテーパ角が25°以下である熱電界放射陰極。又、真空中で熱処理する方法、ドライエッチングする方法、もしくはタングステン単結晶ニードルを陰極とし電圧を印加して電子放出させることでガスをイオン化し、該イオンによりエッチングする方法のうちの一つ以上の方法により、該タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を制御する前記熱電界放射陰極の製造方法。

【効果】 低加速SEM、高分解能SEM、半導体検査機器等に用いることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軸方位が $\langle 100 \rangle$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた熱電界放射陰極において、前記タングステン単結晶ニードルの尖鋭部に内接する球の半径を先端半径  $R_1$ 、先端に位置する平坦部の半径または先端部に外接する球との共通部分の半径を平坦部半径  $R_2$  とし、円錐部の全角をテーパ角  $\theta$  とする時、先端半径  $R_1$  が  $1.2\mu\text{m}$  以上  $10\mu\text{m}$  以下であって、先端半径  $R_1$  に対する平坦部半径  $R_2$  の比 ( $R_2/R_1$ ) が  $0.2$  以上であって、しかもテーパ角  $\theta$  が  $25^\circ$  以下であることを特徴とする熱電界放射陰極。

【請求項 2】 軸方位が $\langle 100 \rangle$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた熱電界放射陰極の製造方法において、真空中で熱処理する方法、ドライエッチングする方法、もしくは該タングステン単結晶ニードルを陰極として電子放出させることでガスをイオン化し、該イオンにより該タングステン単結晶ニードルの尖鋭部をエッチングする方法のうちの一つ以上の方法により、該タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を制御することを特徴とする請求項 1 記載の熱電界放射陰極の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気絶縁性の高い半導体、セラミックス、生物等を被対象物とし、主にその検査に適用される高分解能低加速電子顕微鏡、測長機などの電子線利用機器に用いられる熱電界放射陰極に関わる。

## 【0002】

【従来の技術】近年、電子顕微鏡を初めとする各種の電子線利用機器がいろいろな分野で利用されている。例えば、半導体分野では、半導体デバイスの高集積化、超微細化に伴い、その検査工程で従来の光学顕微鏡に代わり、より高分解能の走査型電子顕微鏡（以下 SEM と記す）や測長機等が用いられるようになってきた。

【0003】電気絶縁性の物質を含む半導体デバイスを SEM で観察する場合、試料の損傷を防ぎチャージアップを低減するなどの理由から電子ビームの加速エネルギーを  $1\text{ kV}$  以下に低く抑える必要がある。このような低加速 SEM に於いては分解能は色収差、すなわち電子ビームのエネルギー幅に支配されていることが知られている (J. Vac. Sci. Technol., B4 (1), 1986, pp. 131-134)。加えて半導体検査装置に用いられる SEM は高速処理を要求され、電子線源の陰極には高角電流密度が要求される。

【0004】上記の要求に対し、タングステン表面にジルコニウムと酸素とからなる被覆層を設けた熱電界放射陰極、あるいはショットキー陰極（以下、両者を含めて単に熱電界放射陰極と記す）が優れることが知られている。 (Journal of Microscopy, vol. 140, Pt 3, December 1

985, pp. 303-311)

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、電子ビームの加速エネルギーが  $1\text{ kV}$  程度の低加速 SEM において、実用上満足できる  $S/N$  比を得て、しかも  $10\text{ nm}$  以下の高分解能を得る為には、角電流密度が少なくとも  $0.02\text{ mA/sr}$  以上で、しかもエネルギー幅が  $0.5\text{ eV}$  以下の電子ビームが必要であるが、従来の熱電界放射陰極は、これを供給するものでなかった。

【0006】従来、熱電界放射陰極を低加速 SEM に用いる場合には、角電流密度  $0.02\text{ mA/sr}$  以上を得ることを優先して、先端半径が  $0.6\mu\text{m}$  程度のものを用い  $3.5\text{ kV}$  以上の高い引き出し電圧にて用いるか、もしくは更に先端半径が  $0.4\mu\text{m}$  以下の小さなものを選び使用していた。しかし、後者ではエネルギー幅が  $0.7\text{ eV}$  以上の値となり高分解能をも達成できなくなること、前者では電子ビームが  $20\%$  以上もの大きな変動を示し安定しないという問題があった。

【0007】角電流密度が高く、エネルギー幅が小さい特性を有する熱電界放射陰極を得るのは非常に困難なことであり、両特性を備えた安定な電子ビームを得ることは達成されていなかった。

【0008】本発明はこの問題点に鑑みてなされたものであって、角電流密度が高く、エネルギー幅が小さくて、しかも安定な電子ビームが得られる熱電界放射陰極とその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、軸方位が $\langle 100 \rangle$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた熱電界放射陰極において、前記タングステン単結晶ニードルの尖鋭部に内接する球の半径を先端半径  $R_1$ 、先端に位置する平坦部の半径または先端部に外接する球との共通部分の半径を平坦部半径  $R_2$  とし、円錐部の全角をテーパ角  $\theta$  とする時、先端半径  $R_1$  が  $1.2\mu\text{m}$  以上  $10\mu\text{m}$  以下であって、先端半径  $R_1$  に対する平坦部半径  $R_2$  の比 ( $R_2/R_1$ ) が  $0.2$  以上であって、しかもテーパ角  $\theta$  が  $25^\circ$  以下であることを特徴とする熱電界放射陰極である。

【0010】又、本発明は、軸方位が $\langle 100 \rangle$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた熱電界放射陰極の製造方法において、真空中で熱処理する方法、ドライエッチングする方法、もしくは該タングステン単結晶ニードルを陰極とし電圧を印加して電子放出させることでガスをイオン化し、該イオンにより該タングステン単結晶ニードルの尖鋭部をエッチングする方法のうちの一つ以上の方法により、該タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を制御することを特徴とする請求項 1 記載の熱電界放射陰極の製造方法である。

【0011】以下、図を用いて本発明を説明する。図 1

及び図2は、本発明の熱電界放射陰極のタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の断面図である。又、図3は、従来法で作製された熱電界放射陰極のタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の断面図である。

【0012】タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状は、図1及び図2で示すように、円錐状のA部、円柱状のB部、半球状のC部と平坦部又は比較的大きな曲率を有する凸面状のD部に区分できる。従来の熱電界放射陰極では、図3に示すように、B部が極めて短いか、もしくは存在していなかった。

【0013】タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を定めるためには、形状パラメーターとして、A部についてはそのテーパ角 $\theta$ を、C部についてそれに内接する球の半径 $R_1$ （先端半径）を定めればよい。又、D部については、図1に示すように平坦部を形成している場合と、図2に示されるように大きな曲率を持った球面状の場合がある。図1の場合、その平坦部の半径（ $R_2$ ）のみで示すことができる。図2の場合、先端部に接する球の半径（ $R_3$ ）と、その球と先端部の共通部分の半径で表すことができる。本発明者らの検討によれば、図1の平坦部と、図2の先端部に接する球と先端部の共通部分は、共に熱電界放射陰極として作動するときの電子を放出する主要部を構成していると考えられる。本発明では、両方の場合共に、その半径を平坦部半径 $R_2$ で表す。

【0014】先端半径 $R_1$ が $1.2\mu\text{m}$ 未満の場合、あるいは先端半径の平坦部半径に対する比（ $R_2/R_1$ ）が0.2未満の場合はエネルギー幅が大きく、電子ビームの変動率が大きくなり当初の目的を達成できない。先端半径 $R_1$ が $10\mu\text{m}$ を越える場合やテーパ角 $\theta$ が $25^\circ$ を越える場合には、 $0.02\text{mA/sr}$ 以上の角電流密度を得ることができず、やはり当初の目的を達成できない。これらの理由については明確でないが、前二者ではタングステン単結晶ニードルの先端部近傍に形成される電界分布や電子放出部分が様性を欠くため、後二者では電界強度が不足するためと考えられる。

【0015】次に、本発明の熱電界放射陰極の製造方法について、詳しく説明する。

【0016】熱電界放射陰極の製造の一般的な方法は、絶縁碍子の電極ピンにタングステンワイヤーからなるV型フィラメントを取付け、その先端部に軸方位が $<100>$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルを溶接固定した後、タングステン単結晶ニードルの先端部を電解研磨法にて尖鋭化し、タングステン単結晶ニードルの中央部にジルコニウム源を取付けて約 $10^{-6}\text{Torr}$ の酸素存在下で加熱してタングステン単結晶ニードルの先端部にまでジルコニウムと酸素を拡散させ、しかる後に各種の電極を取付けて約 $10^{-9}\text{Torr}$ の真空中で電圧を印加することで、タングステン単結晶ニードルの先端部の形状を形成させるものである。従って、タングステン単結晶ニード

ルの尖鋭部の形状は、電解研磨後の形状によって制限されている。

【0017】電解研磨法では、電解電圧、電解液等の諸条件を変えることで、いろいろな形状のものを得ることができる。しかし、タングステン単結晶ニードルの尖鋭部は図3に示す形状となってしまうこと、先端半径 $R_1$ を大きくしようとすると、それに従ってテーパ角 $\theta$ も大きな値となってしまうこと、先端部に十分に大きな平坦部を作ることができない等の制限がある。このため、先端半径 $R_1$ に対する平坦部半径 $R_2$ の比（ $R_2/R_1$ ）を0.2以上とすることができない、テーパ角 $\theta$ が $25^\circ$ 以下でしかも先端半径 $R_1$ が $1.2\mu\text{m}$ 以上のものが得られないので、電解研磨法のみによっては本発明の熱電界放射陰極を得ることができない。

【0018】本発明ではテーパ角 $\theta$ が $25^\circ$ 以下のものが選別される。テーパ角 $\theta$ が $25^\circ$ を越えたものは、本発明で開示するいずれの方法によっても、これを小さく変えることができない為である。テーパ角 $\theta$ が $25^\circ$ 以下のものを電解研磨法で得るためには、タングステン単結晶ニードルの切断直後に電解電圧を速やかに零として電解研磨を終了させる方法が有効である。

【0019】本発明の熱電界放射陰極の製造方法における第1の方法は、電解研磨法で得たタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を、真空中で熱処理することで制御する方法である。

【0020】加熱時の雰囲気は、通常、 $3 \times 10^{-6}\text{Torr}$ よりも良い真空条件下で行うが、アルゴン、ヘリウム、水素等の不活性ガスを用いることもできる。

【0021】温度は、輝度温度（光高温計で放射率を1.0として測定した時の温度）で $1700^\circ\text{C}$ 以上 $2300^\circ\text{C}$ 以下、好ましくは $1900^\circ\text{C}$ 以上 $2100^\circ\text{C}$ 以下が選択される。 $1700^\circ\text{C}$ 未満では、 $1.2\mu\text{m}$ 以上の先端半径のものは得られず、 $2300^\circ\text{C}$ を越えるとタングステン単結晶ニードルやタングステンワイヤーの溶断等の損傷を招き易い。数時間から数十時間程度の現実的な時間内で、損傷の問題が無く、再現性良く形状を調整するためには $1900^\circ\text{C}$ 以上 $2100^\circ\text{C}$ 以下の輝度温度が適している。

【0022】本発明の熱電界放射陰極の製造方法における第2の方法は、電解研磨で得たタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を、ドライエッチングすることで、制御する方法である。

【0023】ドライエッチングによる方法は、各種形状パラメーターの制御性に優れる点が長所である。ドライエッチングする方法としては、イオンビームによるエッチング、プラズマによるエッチング等の従来から知られている方法のいずれでも良いが、タングステン単結晶ニードルの軸方向に対してエッチング効果が著しいものがより好ましい。イオンビームやプラズマ等のドライエッチングで用いるガス種は、アルゴン、酸素、水素等の一般的なガス種を選択し導入しても良いし、大気等を真空

排気した時の残留ガスを利用しても良い。

【0024】本発明の熱電界放射陰極の製造方法における第3の方法は、電解研磨法で得たタングステン単結晶ニードルを陰極とし電圧を印加し電子放出させてガスをイオン化し、該イオンによりエッチングすることで前記タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を制御する方法である。

【0025】本発明者らは、約 $10^{-8}$ Torrの真空下で、タングステン単結晶ニードルを陰極とし対向する陽極との間に数kVの電圧を印加し電子放出させる時、残留するガスがイオン化するが、正に帯電したイオンは電圧印加時に形成されている電界に導かれて、陰極であるタングステン単結晶ニードルへと向かい、最後には衝突してこれをエッチングすることを見いだしたものである。しかも、電界強度は尖鋭部で最も強いので、尖鋭部の先端を選択的にエッチングすることが判った。発明者らは、この現象を積極的に利用することで、本発明に至ったものである。

【0026】この方法の実施条件に関し、圧力については $5 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-7}$ Torrの範囲、好ましくは $1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-7}$ Torrの範囲が選択される。 $5 \times 10^{-9}$ Torr未満の圧力では電子放出時にイオン発生が少なくなりエッチングが速やかに行えない。一方、 $5 \times 10^{-7}$ Torrを越えるとイオン発生が著しく多くなり、エッチングがあまりにも早くなり形状の制御が行えなくなる。形状を制御するのに適当なエッチングの速さは、圧力が $1 \times 10^{-8}$ Torr以上 $1 \times 10^{-7}$ Torr以下の場合に達成される。

【0027】タングステン単結晶ニードルの輝度温度は、 $1350^{\circ}\text{C}$ 以上 $1500^{\circ}\text{C}$ 以下が選択できる。 $1500^{\circ}\text{C}$ を越えると、タングステン単結晶ニードルの尖鋭部での変形が容易に検知されるようになり、形状の制御性が悪くなる。真空の熱処理する方法に比べ低い温度で形状の制御性が制限されるのは、該尖鋭部の形状の変化が、熱処理による効果の他に、電圧を印加することの効果、イオンによるエッチングの効果が絡んでいるためと推察される。 $1350^{\circ}\text{C}$ 未満では、エッチングの速さが極端に遅くなる。

【0028】電子放出の目安となるエミッション電流は、 $10\mu\text{A}$ 以上 $350\mu\text{A}$ 以下である。 $10\mu\text{A}$ 未満では、イオンの発生量が少なくなり、エッチングに多大な時間を要する。 $350\mu\text{A}$ を越えると、イオン発生が急に多くなり、エッチングがあまりに速くなり形状の制御ができなくなる。又、印加電圧については、前記の圧力、温度の他に、電極間距離等の電極配置、或いはタングステン単結晶ニードルの尖鋭部形状等により変化するので規定しないが、一般的に、 $2 \sim 6\text{kV}$ 程度である。

【0029】上記の3つのいずれかの方法により尖鋭部の形状を調整したタングステン単結晶ニードルに、更に、ジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた後、電圧を印加し最終的な形状に定める。これらの尖鋭部の形

状を制御する方法は、いずれも、ジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた後に適用することもできる。特に、3番目の方法はジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた後に適用すると、一層制御性に優れ、好ましい。

【0030】又、上記の3つのいずれの方法でも、少なくとも一回以上適用することで、本発明の熱電界放射陰極を得ることができるが、電解研磨にてタングステン単結晶ニードルの先端部が尖鋭化された後であれば、2つ以上の方法を共用したり、或いは一つの方法を2度以上適用する等自由に適用することができる。

【0031】以下実施例をもって、さらに詳細に説明する。

【0032】

【実施例】

【実施例1】絶縁碍子の電極ピンにタングステンワイヤからなるV型フィラメントを取付け、その先端に軸方位が $\langle 100 \rangle$ 方位からなるタングステン単結晶ニードルを溶接して固定した。次に、上記のタングステン単結晶ニードルを、電解研磨法にて切断し、尖鋭化した。この段階でのタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状パラメーターは、 $\theta = 20^{\circ}$ 、 $R1 = 0.1\mu\text{m}$ であった。平坦部は、検知できなかった。次に、上記のタングステン単結晶ニードルを $1 \times 10^{-6}$ Torrの真空中で、輝度温度 $2000^{\circ}\text{C}$ で10時間保持することで、先鋭化したタングステン単結晶ニードルの先端部の形状を調整した。この処理の後で、タングステン単結晶ニードルの形状パラメーターは、 $\theta = 20^{\circ}$ 、 $R1 = 1.2\mu\text{m}$ であった。次に、上記の尖鋭部の形状を調整したタングステン単結晶ニードルの中央部に $\text{ZrH}_2$ （水素化ジルコニウム）粉を塗布し、酸素ガスを導入した $3 \times 10^{-6}$ Torrの真空中で、輝度温度 $1400^{\circ}\text{C}$ で20時間加熱し、ジルコニウムと酸素をタングステン単結晶ニードルの先端部まで拡散させることで、ジルコニウムと酸素の被覆層を設けた。最後に、サプレッサー電極及び引き出し電極を取付け、 $1 \times 10^{-8}$ Torrの真空中で $1400^{\circ}\text{C}$ の輝度温度に保ちながら、サプレッサー電極を $-300\text{V}$ に、引き出し電極を $+2.5\text{kV}$ とし、タングステン単結晶ニードルに電圧を印加して先鋭部に平坦部を形成させた。上記の一連の工程処理を経て得られた熱電界放射陰極の形状パラメーターは、 $\theta = 20^{\circ}$ 、 $R1 = 1.2\mu\text{m}$ であり、平坦部が明瞭に形成されていて（ $R3 = \infty$ ）、その大きさは $R2 = 0.38\mu\text{m}$ であった。又、その電子ビーム特性を測定したところ、引き出し電圧が $3.8\text{kV}$ の時に角電流密度 $0.043\text{mA/sr}$ 、エネルギー幅 $0.50\text{eV}$ であり、ビーム変動率は $2.3\%$ であった。尚、データの取扱いは、下記の算出方法によった。

【0033】＜角電流密度の算出方法＞軸上の開き角（ $2\alpha$ ）が $10\text{mrad}$ で測定したプローブ電流（ $I$ ）より、 $I / (\pi \cdot \alpha \cdot \alpha)$  にて算出した。

【0034】＜エネルギー幅の算出方法＞ $0.051\text{ro}$

m型のエネルギー分析器を用いて測定されたエネルギー分布の半値幅をもってエネルギー幅とした。(A. G. J. Von Oostrom; Philips Res. Rept. Suppl. (1966) No. 1 PP. 1-102)

【0035】＜変動率の算出方法＞軸上の開き角( $2\alpha$ )が10mradで測定されたプローブ電流について、任意の10時間の区間における最大値を $I_{\max}$ 、最小値を $I_{\min}$ とした時に、変動率を $(I_{\max} - I_{\min}) / I_{\max} \times 100$ にて算定した。

【0036】〔実施例2〕実施例1と同じく電解研磨法で、テーパ角 $\theta$ が $17^\circ$ で $R_1$ が $0.1\mu\text{m}$ の尖鋭部を有するタングステン単結晶ニードルを準備した。これを、 $1 \times 10^{-9}$ Torrの真空中でアルゴンイオンビームを照射しイオンエッチングすることで、タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を調整した。照射したアルゴンイオンビームの加速電圧は5kVで、イオン電流値は2.5~2.8 $\mu\text{A}$ であり、ビーム径は約1mmであった。この操作の後の、形状パラメーターは、 $\theta = 17^\circ$ 、 $R_1 = 8.0\mu\text{m}$ 、 $R_2 = 1.91\mu\text{m}$ 、 $R_3 = 57\mu\text{m}$ であった。次に、これを実施例1に記載したようにジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた後、電圧を印加して、熱電界放射陰極を作成し、その形状パラメーターと電子ビーム特性を調べた。形状パラメーターは、 $\theta = 17^\circ$ 、 $R_1 = 8.5\mu\text{m}$ 、 $R_2 = 1.96\mu\text{m}$ 、 $R_3 = 68\mu\text{m}$ であり、電子ビーム特性は、5.0kVの引き出し電圧の条件下で、角電流密度が $0.029\text{mA/sr}$ 、エネルギー幅が $0.49\text{eV}$ で、変動率が1.1%であった。

【0037】〔実施例3〕実施例1と同じく電解研磨法にて、 $\theta = 18^\circ$ 、 $R_1 = 0.2\mu\text{m}$ の尖鋭部を有するタングステン単結晶ニードルを準備した。これを実施例1に記載したジルコニウムと酸素からなる被覆層を設ける処理を施した後、酸素ガスを導入して $0.1 \sim 0.5$ Torrに保持した真空中で、タングステン単結晶ニードルを陰極とし、これより100mm離して陽極を配置し、その間に $0.5 \sim 1.5\text{kV}$ の直流電圧を印加してプラズマを生成してタングステン単結晶ニードルをエッチングすることで、タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を調整した。\*

\* この時のプラズマ電流は、5mAであった。上記タングステン単結晶ニードルに、実施例1記載の方法で電圧を印加して熱電界放射陰極を作成し、その形状パラメーターと電子ビーム特性を調べた。形状パラメーターは、 $\theta = 18^\circ$ 、 $R_1 = 5.1\mu\text{m}$ 、 $R_2 = 1.43\mu\text{m}$ 、 $R_3 = 10.2\mu\text{m}$ であり、電子ビーム特性は、引き出し電圧4.5kVの時に、角電流密度 $0.023\text{mA/sr}$ 、エネルギー幅 $0.48\text{eV}$ 、変動率1.9%であった。

【0038】〔実施例4〕実施例1と同様に電解研磨法にて、 $\theta = 25^\circ$ 、 $R_1 = 0.2\mu\text{m}$ のタングステン単結晶ニードルを得た。次に、タングステン単結晶ニードルを陰極とし、0.35mm離れて垂直に配置した円盤状陽極との間に、真空度 $3 \times 10^{-9}$ Torrのもとで電圧を印加して電子放出を行わせ、残留ガスをイオン化させ、タングステン単結晶ニードルをエッチングすることで、タングステン単結晶ニードルの尖鋭部の形状を調整した。エッチング中のタングステン単結晶ニードルの温度は、輝度温度で $1450^\circ\text{C}$ 、又真空度はガス発生の為に $2 \times 10^{-8}$ Torrであった。尚、印加電圧は、3.5kVで、エミッション電流値は $30 \sim 150\mu\text{A}$ であった。この処理後のタングステン単結晶ニードルの形状パラメーターは、 $\theta = 25^\circ$ 、 $R_1 = 2.5\mu\text{m}$ 、 $R_2 = 0.98\mu\text{m}$ 、 $R_3 = 62\mu\text{m}$ であった。引き続き実施例1と同じく、ジルコニウムと酸素からなる被覆層を設けた後、電圧を印加して、熱電界放射陰極を得た。このものの形状パラメーターは、 $\theta = 25^\circ$ 、 $R_1 = 2.8\mu\text{m}$ 、 $R_2 = 1.15\mu\text{m}$ 、 $R_3 = 70\mu\text{m}$ であり、電子ビーム特性は、引き出し電圧4.2kVの時に、角電流密度 $0.031\text{mA/sr}$ 、エネルギー幅 $0.50\text{eV}$ 、変動率が3.5%であった。

【0039】〔比較例1~3〕実施例1において、電解研磨条件を変えたり、真空中で熱処理条件を変えることなどにより、いろいろな熱電界放射陰極を作成し、そのタングステン単結晶ニードルの形状と電子ビーム特性を調べ比較例とした。結果を、実施例1~4の結果とともに、表1に示した。

【0040】

【表1】

		形 状					電子ビーム特性			
		$\theta$	R 1	R 2	R 2 / R 1	R 3	引き出し電圧	角電流密度	エネルギー幅	変動率
	単位	°	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	-	$\mu\text{m}$	kV	$\text{mA}/\text{sr}$	eV	%
実施例	1	20	1.2	0.38	0.32	$\infty$	3.8	0.043	0.50	2.3
	2	17	8.5	1.96	0.23	68	5.0	0.029	0.49	1.1
	3	18	5.1	1.43	0.28	10.2	4.5	0.023	0.48	1.9
	4	25	2.8	1.15	0.41	70	4.2	0.031	0.50	3.5
比較例	1	26	1.1	0.37	0.34	1.65	4.0	0.010	0.50	26
	2	23	2.3	0.41	0.18	$\infty$	4.0	0.027	0.52	47
	3	42	3.3	0.40	0.12	5.61	4.0	0.002	0.50	32

## 【0041】

【発明の効果】本発明の熱電界放射陰極によれば、エネルギー幅が0.5eV以下、角電流密度が0.02mA/sr 20 以上で、しかも変動率が5%以下と小さく、安定した電子ビームを容易に得ることができるので、低加速SEM、高分解能SEM、測長機などの電子利用機器に用いることができる。又、本発明の製造方法により、容易に上記熱電界放射陰極を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の熱電界放射陰極のタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の断面図である。

【図2】本発明の熱電界放射陰極のタングステン単結晶\*

\*ニードルの尖鋭部の断面図である。

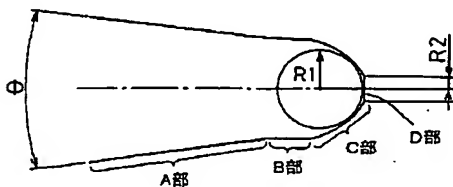
【図3】従来の方法で作製した熱電界放射陰極のタングステン単結晶ニードルの尖鋭部の断面図である。

## 【符号の説明】

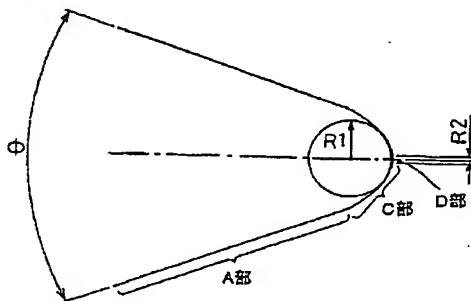
- A部 ; 円錐状の領域  
 B部 ; 円柱状の領域  
 C部 ; 半球状の領域  
 D部 ; 平坦部又は外接する球との共通球面部分  
 $\theta$  ; テーパー角  
 R1 ; 先端半径 (C部に内接する球の半径)  
 R2 ; 平坦部半径  
 R3 ; 先端部に外接する球の半径

30

【図1】



【図3】



【図2】

